

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

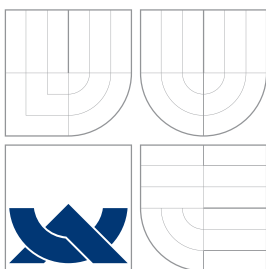
ROZŠIŘUJÍCÍ MODUL S KOMUNIKAČNÍM ROZHRA- NÍM IR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

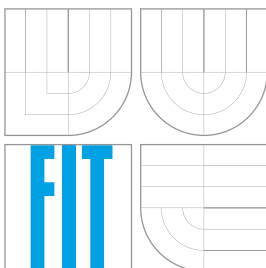
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN BEDNÁŘ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

ROZŠIŘUJÍCÍ MODUL S KOMUNIKAČNÍM ROZHRA- NÍM IR

EXTENSION MODULE WITH IR COMMUNICATION INTERFACE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN BEDNÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VÁCLAV ŠIMEK

BRNO 2010

Zadání bakalářské práce

Řešitel	Bednář Martin
Obor	Informační technologie
Téma	Rozšiřující modul s komunikačním rozhraním IR
Kategorie	Návrh číslicových systémů
Vedoucí	Šimek Václav, Ing., UPSY FIT VUT

Zadání

1. Seznamte se s komunikačním rozhraním IR.
2. Prostudujte architekturu výukové platformy FITkit a jazyk VHDL pro návrh číslicového hardware.
3. Zvolte čip pro komunikaci přes IR rozhraní dle pokynů vedoucího.
4. V návrhovém prostředí Eagle nebo KiCAD vytvořte rozšiřující modul pro platformu FITkit.
5. V jazyce realizujte VHDL jednoduchý řadič, který bude zajišťovat komunikaci přes IR zohraní.
6. Funkci vámi navrženého řešení vhodným způsobem demonstруйте.
7. Diskutujte možnosti dalšího rozšíření.

Část požadovaná pro obhajobu SP:

Splnění bodů 1-3 zadání.

Literatura:

Dle pokynů vedoucího.

Datum odevzdání: 19. května 2010

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem bezdrátového rozšiřujícího modulu pro platformu FITkit založeného na infračerveném přenosu. Řeší jak návrh samotného modulu, tak vytvoření komponent pro obvod FPGA a řídicího softwaru pro MCU. Dále řeší možnost přijímat a i vysílat kódy dálkového ovladače spotřební elektrotechniky ve formátu NEC a jeho variantách.

Abstract

This work is concerned with design of wireless extending module for the FITkit platform. The module is based on infrared communication. In this work the module itself is created, the components for the FPGA circuit are done and the software for the MCU is implemented. Additionally it is made possible to transmit or receive codes of remote controllers for consumer electronics in variants of the NEC format.

Klíčová slova

FITkit, IRDA, NEC, IR dálkové ovládání, FPGA, MCU, bezdrátová komunikace

Keywords

FitKit, IRDA, NEC, IR remote control, FPGA, MCU, wireless communication

Citace

Martin Bednář: Rozšiřující modul s komunikačním rozhraním IR, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2010

Rozšiřující modul s komunikačním rozhraním IR

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Václava Šimka.

.....

Martin Bednář

17. května 2010

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Šimkovi za pomoc při tvorbě bakalářské práce.

© Martin Bednář, 2010.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1 Úvod	4
2 IR přenos	5
2.1 IR přenos dat - IRDA	5
2.1.1 Vlastnosti přenosu	6
2.1.2 Formát přenosu dat	7
2.2 IR dálkové ovládání	7
2.2.1 Protokol NEC	8
3 Použité prostředky	10
3.1 FITkit	10
3.2 Datový IR modul	10
3.3 Modul dálkového ovladače	12
4 Plošný spoj	14
4.1 Návrhové prostředky	14
4.2 Schéma zapojení	14
4.3 Připojení IR modulu k FITkitu	15
4.4 Návrh plošného spoje	15
4.5 Výroba plošného spoje	16
4.6 Osazení desky plošných spojů	16
5 Návrh řešení	17
5.1 Komunikace mezi MCU a obvody v FPFA	17
5.1.1 Formát komunikace přes sběrnici SPI	18
5.2 Nově navržené komponenty	18
5.2.1 speed_generator	18
5.2.2 IR_transmitter	19
5.2.3 IR_receiver	19
5.2.4 Control_dekoder_TX	19
5.2.5 Control_dekoder_RX	20
5.2.6 IR_speed	20
5.2.7 RC_transmitter	21
5.2.8 RC_receiver	21
5.2.9 tlv_pc_ifc	21
5.3 Program MCU	22
5.4 Výběr módu zařízení	22
5.5 Přenos dat	22

5.5.1	Navázání spojení	22
5.5.2	Odeslání dat	22
5.5.3	Příjem dat	23
5.5.4	Ukončení spojení	23
5.6	Práce s kódem dálkového ovladače	23
5.6.1	Příjem příkazu	23
5.6.2	Naučení příkazu	23
5.6.3	Vyslání příkazu	24
6	Testování	25
6.1	Přenos dat	25
6.2	Přenos kódu dálkového ovladače	26
7	Závěr	27
A	Obsah CD	30
B	Schéma zapojení	31
C	Seznam použitých součástek	32
D	Návrh plošného spoje	33
E	Návod ovládání	34
F	Fotodokumentace IR modulu	35

Seznam obrázků

2.1	Vrstvový model IRDA protokolu	6
2.2	Vyzařovací úhly definované pro IR komponenty	7
2.3	Datový rámec IRDA - rychlost SIR	7
2.4	NEC - modulace	8
2.5	NEC rámec	8
2.6	NEC bity	9
2.7	NEC opakovací rámec	9
3.1	Platforma FITkit	11
3.2	Blokové schéma IRDA modulu TFDU 6103	12
3.3	Přepínání komunikačních rychlostí modulu TFDU 6103	12
3.4	Blokové schéma modulu TSOP 31238	13
4.1	Schéma připojení IR modulu k platformě FITkit	15
5.1	Architektura sběrnice SPI	17
5.2	Formát datového rámce přenášeného po sběrnici SPI. Podle [9]	18
5.3	Komponenta speed_generator	18
5.4	Komponenta IR_transmitter	19
5.5	Komponenta IR_receiver	19
5.6	Komponenta Control_dekoder_TX	20
5.7	Komponenta Control_dekoder_RX	20
5.8	Komponenta IR_speed	20
5.9	Komponenta RC_transmitter	21
5.10	Komponenta RC_receiver	21
6.1	Maximální dosažené úhly při přenosu	25

Kapitola 1

Úvod

Přenos nejrůznějších dat za pomoci infračerveného záření byl hlavně v minulosti a v některých aplikacích je i v současnosti běžně využívaný způsob přenosu informací. V dřívějších dobách byli infračerveným modulem vybavovány notebooky, pokročilejší mobilní telefony, PDA a jiná podobná zařízení. Těmto zařízením sloužil IR přenos jako jednoduchá rychlá možnost jak mezi sebou přesouvat menší objemy dat jako záznamy v kalendáři, kontakty a podobně, bez nutnosti využívat speciální kabel. Toto využití Infra přenosu bylo dnes již nahrazeno modernějšími technologiemi, jako je bluetooth, nebo Wi-Fi pracující s rádiovými vlnami na frekvenci 2,4 GHz. Tyto technologie na rozdíl od přenosu světelným paprskem nevyžadují nutnost přímé viditelnosti mezi zařízeními, poměrně malou vzdálenost mezi zařízeními a v neposlední řadě nutnost aby bylo zařízení orientováno potřebným směrem na druhého účastníka komunikace.

Cílem této práce je nastínit možné řešení vytvoření rozšiřujícího modulu pro školní výukovou platformu FITkit, která byla vyvinuta na fakultě Informačních technologií VUT. Tento modul by měl umožnit bezdrátově za pomoci infračerveného záření přenášet libovolná data mezi těmito platformami. Dále by modul měl být schopen přijímat a vysílat data od dálkového ovladače spotřební elektroniky využívající datového formátu NEC.

Celý dokumentu je rozdělen do několika kapitol.

Ve 2. kapitole je popsán standard IRDA, z něhož je vycházeno při návrhu fyzické vrstvy použité na navrhovaném rozšiřujícím modulu. Dále je zde popsán formát NEC využívaný některými dálkovými ovladači spotřební elektroniky.

3. kapitola popisuje platformu FITkit a integrované obvody použité při návrhu modulu.

Kapitola číslo 4 se zaměřuje na volbu návrhových prostředků, návrh, výrobu a osazení plošného spoje nutného pro vytvoření transceiveru.

5. kapitola obsahuje popis praktické realizace komponent navržených pro integrovaný obvod FPGA, kde tvoří řadič řešící obsluhu navrženého modulu na nejnižší úrovni. Dále popisuje program pro mikrokontrolér, který s tímto řadičem komunikuje a řeší vyšší vrstvy komunikace.

V 6. kapitole je popsáno testování navrženého modulu a výsledky těchto testů.

Nakonec v závěrečné kapitole jsou zhodnoceny dosažené výsledky práce a navrženy další možné rozšíření do budoucna.

Kapitola 2

IR přenos

Infračervený přenos je založen na vysílání světelných záblesků na pro lidské oko neviditelné vlnové délce okolo 900 nm.

Protože jsou tyto záblesky na rozdíl od signálu přenášeném po metalických médiích s více vodiči šířeny volně vzduchem, je možné informace přenášet pouze při polovičním duplexu, aby nedošlo ke kolizi dat a tím k jejich ztrátě.

Technologie IR přenosu dat je v dnešní době využíváno hlavně v oblasti spotřební elektroniky v dálkových ovladačích těchto přístrojů, kde vytváří jednoduchý a levný způsob jak přenést minimální objem dat potřebný k ovládání těchto přístrojů.

2.1 IR přenos dat - IRDA

Informace pro tuto podkapitolu byli získány z [8], [6], [7], [5].

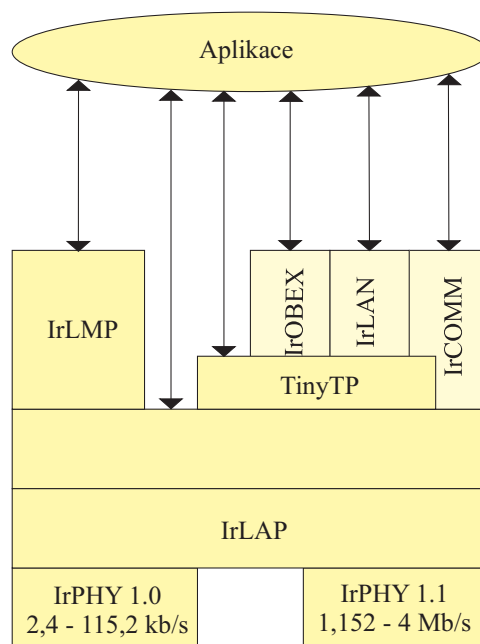
1. verze standardu IRDA byla definován asociací Infrared Data Association v roce 1994. Postupně byly v dalších letech dodefinovávány další funkcionality této technologie a hlavně byla navyšována rychlost přenosu dat.

Pro popis IRDA protokolu je použit několika vrstevový model, viz obr. 2.1.

Jednotlivé vrstvy modelu popisují jak vlastnosti samotného infračerveného paprsku, přijímače a vysílače, tak protokoly použité na vyšších vrstvách komunikace.

Popis jednotlivých vrstev protokolu IRDA

- IrPHY - Tato nejnižší vrstva definuje fyzické vlastnosti linky, jako například na jaké vlnové délce světla jsou data přenášena, jak vypadá aktivní a neaktivní logické hodnota, popřípadě jak vypadá přenášený bajt.
- IrLAP - Vrstva IrLAP vychází z HDLC protokolu a řídí přístup k infračervenému médiu. Definuje metodu nalezení dalších zařízení, navázání komunikace s nimi, uskutečnění přenosu mezi zařízeními a na závěr ukončování spojení.
- IrLMP - 3. vrstva modelu IRDA spravuje vytváření a udržování logických kanálů mezi zařízeními a výměnu role primárního a sekundárního zařízení. Dále se IRMP stará o propagování služeb nabízených a podporovaných daným zařízením.
- TinyTP - Tato vrstva se stará o bezchybný přenos dat, při více navázaných kanálech rozhoduje který bude zrovna vysílán a stará se o rozdělení dat na packety potřebné velikosti.



Obrázek 2.1: Vrstvový model IRDA protokolu

- IrOBEX - Tato část řeší přenos binárních dat jako jsou soubory, obsah kalendáře a podobně přes IRDA rozhraní.
- IrLAN - IrLAN emuluje počítačovou síť LAN přes IR linku.
- IrCOM - IrCOM emuluje běžný sériový (RS232), popřípadě paralelní port.

2.1.1 Vlastnosti přenosu

Maximální definovaná vzdálenost mezi zařízeními:

- nízkopříkonová zařízení mezi sebou - 0,2 m
- nízkopříkonové a standardní zařízení - 0,3 m
- standardní zařízení - 1,0 m

Přenosové rychlosti:

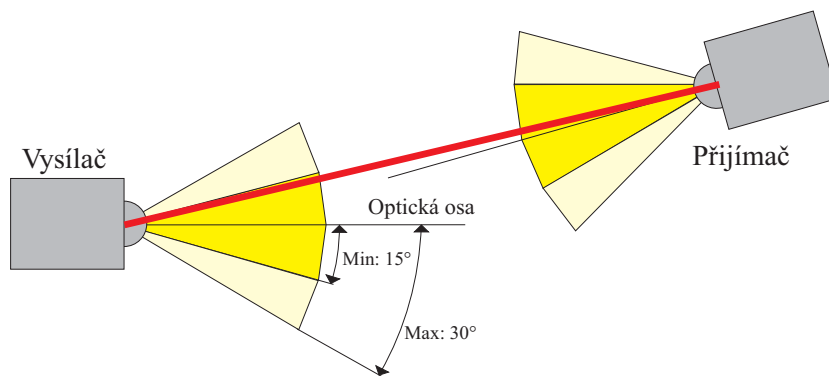
- SIR - 2,4; 9,6; 19,2; 38,4; 57,6; 115,2 kb/s
- FIR - 0,576; 1,152; 4,0 Mb/s
- VFIR - 16 Mb/s

Zářivost IR zdroje světla:

- nízkopříkonová zařízení: 3,6 – 28.8 mW/sr
- standardní zařízení - SIR - 40 – 500 mW/sr

- standardní zařízení - FIR, VFIR - 100 – 500 mW/sr

Úhel vyzařování diody a úhel v němž bude schopen přijímač přijímat signál s dostatečnou účinností by se měl pohybovat v rozmezí 30 až 60 stupňů. Viz obr. 2.2.



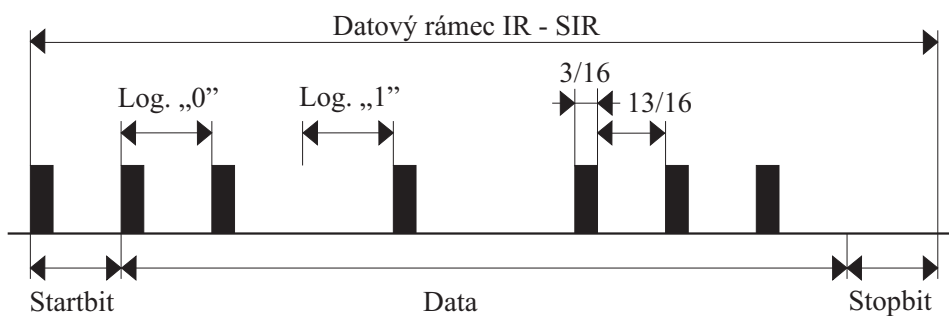
Obrázek 2.2: Vyzařovací úhly definované pro IR komponenty

2.1.2 Formát přenosu dat

Každá ze skupin přenosových rychlostí na fyzické vrstvě IrPHY používá jiný formát přenosu dat po IR lince.

SIR Nejpomalejší skupina IR komunikace využívá datový rámec podobný v počítačích používanému sériovému portu RS-232. Data jsou přenášena po bajtech, kde každý bajt je uvozen jedním startbitem a zakončen 1 stopbitem.

Startbit a logická nula jsou definovány jako záblesk délky 3/16 délky 1 bitu. Logická 1 bez jakéhokoli záblesku. Viz obr. 2.3.



Obrázek 2.3: Datový rámec IRDA - rychlost SIR

2.2 IR dálkové ovládání

Informace pro tuto podkapitolu byli získány z [4], [1].

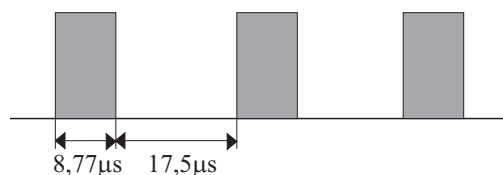
Různí výrobci spotřební elektroniky využívají různé druhy kódování dat přenášených z ovladače do zařízení. Data jsou obvykle přenášena v pulzech namodulovaných na nosný kmitočet 38kHz, popřípadě 36kHz.

Nejpoužívanější protokoly:

- NEC
- Philips RC5, RC6
- JVC

2.2.1 Protokol NEC

Protokol NEC specifikuje modulační frekvenci pro přenos dat na 38 kHz se střídou 1/3, což znamená, že vysílací dioda bude svítit po dobu 1/3 periody a po dobu 2/3 periody bude zhasnutá, viz obr. 2.4.



Obrázek 2.4: NEC - modulace

Řídící povely z dálkového ovladače jsou přenášeny v datových rámcích, viz obr. 2.5.

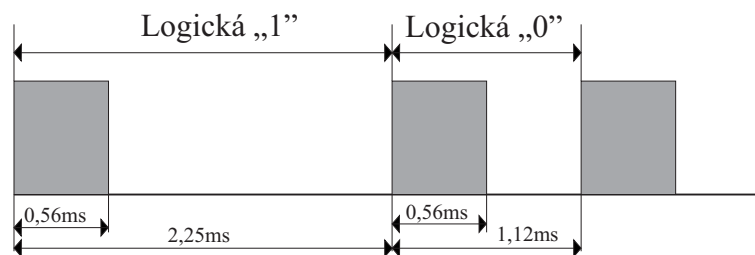
Uvození datového rámce přenosového protokolu NEC obsahuje 9 milisekundový svit IR vysílací diody modulovaný na nosné frekvenci, následovaný 4,5 milisekundovou mezerou. Po uvození sekvence následuje jeden adresový blok skládající se z 16 bitů adresy ovládaného zařízení trvající 18 - 36 ms. Po bloku adresy je vysílán blok dat (řídící příkaz pro zařízení), sestávající se opět z 16 bitů, kde 2. polovina této části je bitovou negací části 1. Takovéto řešení má za cíl zabezpečení spolehlivosti přenosu proti chybám. Tento blok má konstantní délku 27 ms. Poslední bit je ukončen zábleskem délky 0,56ms. Další vysílání může probíhat za dalších 30,94 - 48,94ms podle délky adresové části packetu tak, aby jeho celková délka byla 108ms.



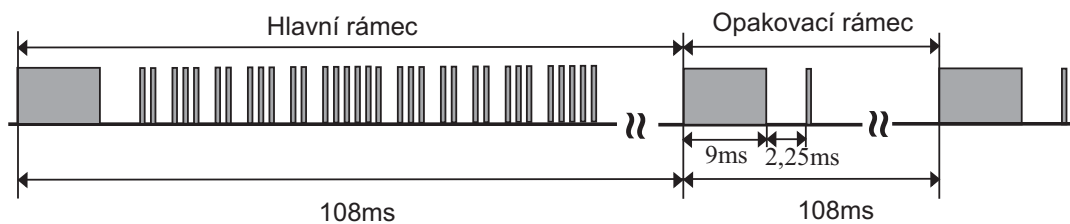
Obrázek 2.5: NEC rámec

V komunikačním formátu NEC každý bit začíná IR vysíláním po dobu 0.56 milisekundy. Logická hodnota bitu je reprezentována délkou mezery do dalšího záblesku. Logická 1 je reprezentována mezerou 1,69 ms, opačná hodnota má dobu mezi jednotlivými pulzy pouze 0,56ms, viz obr. 2.6.

Pokud je tlačítko na dálkovém ovladači v aktivní poloze delší dobu, není nadále vysílán celý datový rámec znovu, ale je přenášén pouze zkrácený opakovací rámec. Tento signál je vysílán každých 108 ms po celou dobu zmáčknutí tlačítka. Viz obr. 2.7.



Obrázek 2.6: NEC bity



Obrázek 2.7: NEC opakovací rámec

Stejně jako u jiných protokolů, tak i u protokolu NEC je různými výrobci používáno několik variant tohoto protokolu používaného dálkovými ovladači.

NEC-R Tato varianta využívá stejného datového rámce jako základní protokol NEC, ale tento datový rámec je ještě před přechodem k vysílání opakovacího rámce po 108ms od začátku 1. rámce ještě jednou zopakován.

Kapitola 3

Použité prostředky

3.1 FITkit

Informace pro tuto podkapitolu byli získány z [9].

FITkit, obr. 3.1, je univerzální platforma vytvořená na fakultě informačních technologií VUT v brně. Tato platforma je využívána při výuce hardwarově zaměřených předmětů.

Hlavní řídicí prvek je 16 bitový mikrokontrolér MSP430 od firmy Texas Instruments, vybavený 92 kB FLASH paměti a 8 kB paměti RAM. Již sám mikrokontrolér obsahuje několik základních vestavěných zařízení jako čítače/časovače, digitálně analogové a analogově digitální převodníky, a hlavně komunikační rozhraní SPI, přes něhož komunikuje s dalšími obvody na platformě FITkit.

Dalším důležitým obvodem je programovatelné hradlové pole (FPGA) XC3S50-4PQ208C pocházející z řady Spartan 3 od firmy Xilinx. Toto pole má 124 uživatelsky definovatelných vstupně výstupních pinů, které je možné nakonfigurovat pro podporu různých standardů. Toto pole umožňuje rychle vytvořit fyzickou HW komponentu za pomoci programovacího jazyka VHDL aniž by bylo nutné zdlouhavě vytvářet speciální čip pro daný účel. Takovéto řešení v průmyslu umožňuje vytvářet poměrně levné zařízení v malých sériích a navíc s možností jakékoliv změny HW zapojení v budoucnu. Ve školním použití pro změnu umožňuje využít platformu fitkit pro mnoho různých aplikací za použití jediného fyzického hardwaru.

K FPGA obvodu je připojeno přes vstupně výstupní piny několik základních periférii jako je LCD display, klávesnice a paměť RAM. Další z vývodů jsou napojeny na výstupní porty platformy FITkit, jako je VGA rozhraní umožňující připojit počítačový monitor, sériový port RS232, 2 PS2 výstupy, přes něž je možné připojit například počítačovou klávesnici a D/A a A/D převodníky připojené ke zvukovému vstupu a výstupu. Zbývající piny a některé společné piny s těmi perifériemi jsou vyvedeny na konektorové lišty, kam je možné připojit jakékoli nově vyvíjené zařízení.

3.2 Datový IR modul

Na trhu existuje celá řada integrovaných obvodů řešících jak příjem infračerveného signálu, tak jeho vysílání. Tyto obvody jsou přímo vyrobeny pro komunikační standard IRDA. Použití zmíněných obvodů má svoje přednosti především v integraci, pro bezproblémový příjem důležitých, součástí do jednoho pouzdra, což se pozitivně projeví na jednoduchosti konstrukce zařízení využívajících takovýto modul a na jeho výsledných rozměrech.

Pro rozšiřující modul k platformě FITkit byl zvolen z na trhu nabízených modulů inte-



Obrázek 3.1: Platforma FITkit

grovaný obvod TFDU 6103 od firmy VISHAY, od které bylo možné získat tuto součástku jako vývojový vzorek zdarma.

Informace pro zbytek této kapitoly byly získány z [3].

Tato součástka umožňuje přenos maximální rychlostí 4 Mb/s.

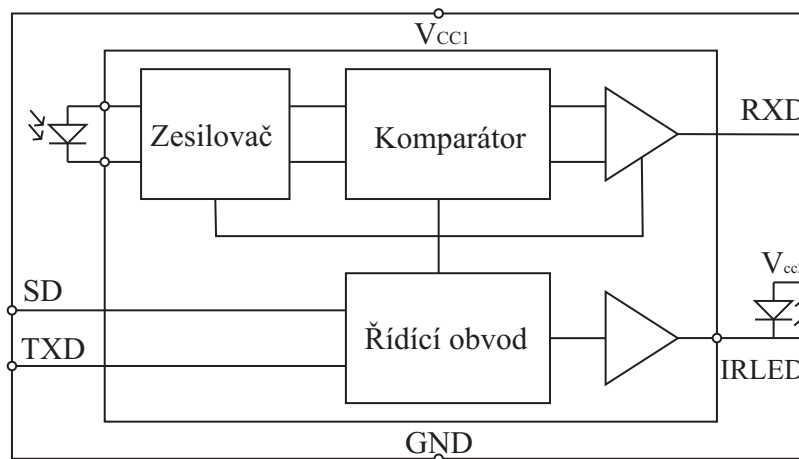
Vlnová délka světla na níž vysílač vysílá je 875 - 900nm.

Jako přijímač je v obvodu integrována fotodiody PIN, což je zvláštní druh diody, kde je mezi P-N přechod vložen ještě další materiál, který způsobí vyšší rychlost reakce fotodiody na ozáření světlem. Signál z PIN diody je zesílen zesilovačem a přiveden do komparátoru, kde je vyhodnocen stav na výstupu zesilovače. Vysílací část obvodu se skládá z výstupního zesilovače a IR diody. Dále obvod obsahuje řídicí část, řešící řízení obvodu a přepínání mezi rychlostí komunikace SIR a FIR. Viz obr 3.2

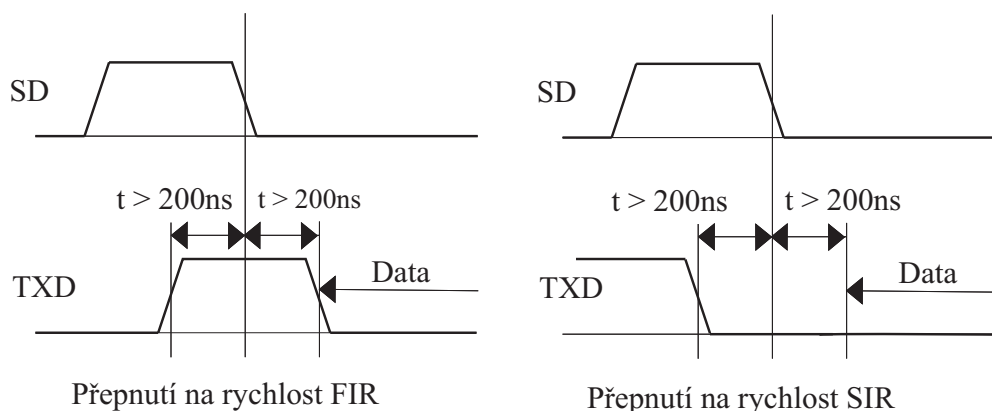
K přepínání mezi rychlostmi komunikace je určen zvláštní pin SD, ve spolupráci s vývodem TXD umožňuje konfiguraci obvodu.

Pro nastavení rychlosti přenosu 2.4 až 115.2 kb/s je nutné nastavit pin SD do logické 1 a pin TXD do logické 0 a vyčkat v této konfiguraci nejméně 200 ns. Po tomto časovém intervalu je nutné vrátit pin SD na logickou 0. Po dalších 200ns dojde k nastavení transceiveru do módu přenosu na pomalých rychlostech, viz obr. 3.3.

Postup pro přepnutí transceiveru do módu vyšších rychlostí (0.576 - 4.0 Mb/s) je obdobný jako v předchozím případě. Pouze se na začátku nenastavuje pin TXD do logické 0, ale naopak do logické 1, viz obr. 3.3.



Obrázek 3.2: Blokové schéma IRDA modulu TFDU 6103



Obrázek 3.3: Přepínání komunikačních rychlostí modulu TFDU 6103

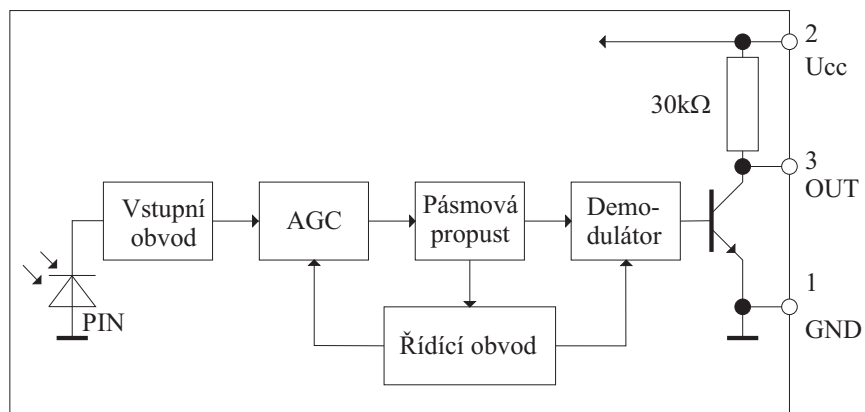
3.3 Modul dálkového ovladače

Obdobně jako u IRDA modulů existuje na trhu několik výrobců vyrábějících integrované moduly pro příjem signálu z dálkových ovladačů založených na přenosu dat pomocí infračerveného signálu.

Informace pro zbytek této kapitoly byly získány z [2].

Pro IR modul k FITkitu byl zvolen integrovaný obvod TSOP 31238. Tento obvod obsahuje přijímací PIN fotodiodu a demodulátor z přenosové frekvence 38 kHz. Integrace demodulátoru usnadňuje vývoj aplikace přijímající data přes takovýto obvod, protože není nutné řešit demodulaci softwarovou cestou, popřípadě pomocí dalšího přídavného hardwaru, viz obr. 3.4.

Další výhodou tohoto IR přijímače je, že jako jediný z běžně dostupných na našem trhu umožňuje napájení napětím 3,3 V, takže nevzniká nutnost vedení dalšího napájecího napětí na modulu.



Obrázek 3.4: Blokové schéma modulu TSOP 31238

Kapitola 4

Plošný spoj

Plošný spoj (DPS) je destička vyrobená ze skelných vláken a pryskyřice potažená z jedné nebo obou stran vrstvou mědi. Do takovýchto desek se chemickou cestou vyleptá obrazec spojů mezi součástkami, které jsou následně na tuto desku osazeny.

4.1 Návrhové prostředky

Návrh schématu plošného spoje a pak i samotný plošný spoj se již dnes vytváří za pomoci počítačového softwaru. Běžně je schopný software od jednoho výrobce zastat obě uvedené funkce.

Pro tento návrh byl z dostupného návrhového softwaru vybrán program Eagle, který je možné pro nekomerční účely využívat s jistými omezeními na maximální rozměr vytvářené desky zdarma. Další důležitou vlastností je exportovaný formát dat, který je podporován většinou výrobci desek plošných spojů.

Eagle obsahuje rozsáhlé knihovny nejrůznějších běžně používaných součástek, ale bohužel tyto knihovny neobsahují žádný z integrovaných obvodů použitých na tomto návrhu. Proto bylo nutné pořídit součástky TFDU 6103 a TSOP 31238 do knihovny dodělat. Nakonec se v knihovně nenalezaly ani nadefinované konektory a LED diodu s vhodným pouzdrem, proto je taktéž bylo nutné vytvořit.

4.2 Schéma zapojení

Aby bylo možné vytvořit finální plošný spoj, je nejprve nutné navrhnout schéma propojení jednotlivých komponent.

V podstatě ke každému integrovanému obvodu je v datasheetu, který ke každé součástce výrobce vydává, uvedeno její doporučené zapojení, včetně doporučených hodnot a typů součástek. Sice není bezpodmínečně nutné z tohoto zapojení vycházet, ale je vhodné se ho držet, aby byla zaručena plná funkčnost výsledného zařízení.

Z těchto doporučených zapojení také bylo vycházel při návrhu celkového schématu IR rozšiřujícího modulu po zařízení FITkit.

K integrovanému transceiveru TFDU 6103, a integrovanému IR přijímači v demodulátorech a tvarovačích bylo ještě na plošný spoj nutné přidat jednu IR diodu spínanou NPN tranzistorem. Pro omezení proudu diodou je k ní do sériového zapojení přiřazen rezistor 68Ω a pro omezení proudu bázi tranzistoru dále rezistor 440Ω . Tato část bude sloužit pro vysílání naučeného kódu dálkového ovladače.

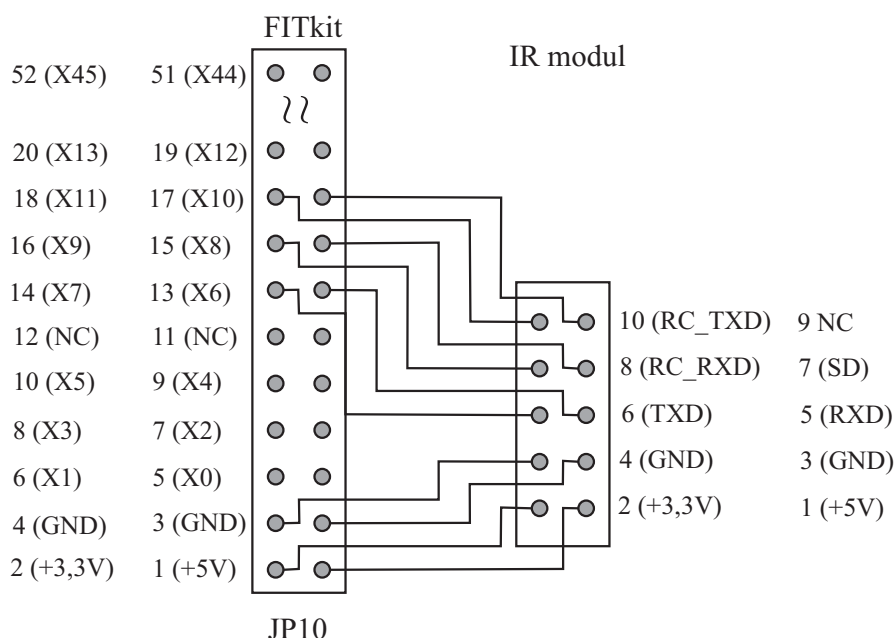
Všechny vstupy a výstupy součástek jsou vyvedeny na 10-pinový konektor, přes který bude možné připojit celý modul k FITkitu. Na tento konektor je taktéž vyvedeno napájení (3,3V) všech obvodů které bude realizováno taktéž z FITkitu. Napětí 5V, které sice také přivedeno, není na desce nikde využito.

Celé schéma zapojení se nachází v příloze **B**

Popis použitých součástek je možné nalézt v příloze **C**

4.3 Připojení IR modulu k FITkitu

IR modul je navržen tak, aby ho bylo možné připojit k platformě FITkit za pomoci plochého kabelu o šířce 10 vodičů, který se připojuje na konektor JP10 nacházející se ve spodní části FITkitu. Tento konektor je vyvedením nepoužívaných vývodu obvodu FPGA, ke kterému je IR modul připojen. Schéma zapojení IR modulu k FITkitu je znázorněno na obrázku 4.1.



Obrázek 4.1: Schéma připojení IR modulu k platformě FITkit

4.4 Návrh plošného spoje

Plošný spoj, viz příloha **D**, byl vyvíjen s ohledem na co nejmenší výsledné rozměry a vhodné rozmístění součástek s ohledem na funkčnost (kondenzátory C1 a C2 by měli být umístěny co nejbližší IR transceiveru TFDU 6103).

Pomocné součástky jako odpory a kondenzátory byly voleny v SMD rozměrech 0805. Tato velikost poskytuje kompromis mezi náročností na přesnost osazení a rozměry součástky.

4.5 Výroba plošného spoje

Data pro výrobu plošného spoje byli za pomoci pana Šimka z Eaglu vyexportovány a v součinnosti se školou odeslány do firmy PragoBoard s.r.o., která se zabývá profesionální výrobou desek plošných spojů.

4.6 Osazení desky plošných spojů

Plošný spoj byl osazen ve školní laboratoři vybavené pro tyto účely mikropájkou a dalšími potřebnými zařízeními.

Při osazování se vyskytlo jen několik menších problémů. Při výběru kondenzátoru C4 o kapacitě $4,7\mu\text{F}$ jsem si asi jako u jediné součástky neověřil skladové zásoby u distributora elektrotechnických součástek, GME a tento kondenzátor do návrhu zapracoval v pouzdru SMD 0805. Největší běžně dostupná kapacita v tomto pouzdru ovšem je jen $2,2\mu\text{F}$. Nicméně tato záměna by neměla být velký problém, což se ve výsledku také projevilo plnou funkcí IR přijímače.

Dále byl omylem zakoupen integrovaný obvod TSOP 31236 namísto TSOP 31238. Jedná se o obdobný obvod, ovšem s demodulátorem určeným pro frekvenci 36kHz, namísto 38 kHz. I přes tuto rozdílnost se při ověřování funkčnosti IR příjmu dálkového ovladače ukázal 36 kHz přijímač svoji schopnost bezproblémově demodulovat i 38 kHz signál.

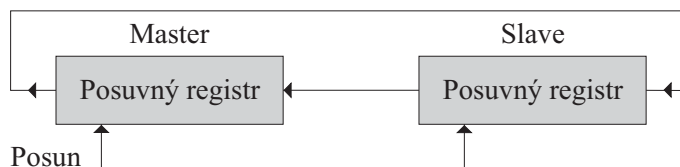
Kapitola 5

Návrh řešení

Příjem, dekódování a vysílání dat na IR linku má na starosti několik komponent nakonfigurovaných v obvodu FPGA, navržených pomocí programovacího jazyka VHDL. Kód nahraný do mikrokontrolérů má na starosti řízení celé komunikace jako je výběr periferního zařízení použitého pro přenos (IRDA část, nebo část dálkového ovladače) nebo navázání spojení na dané rychlosti s 2. FITkitem a následný přenos dat z konzole na něj napojené.

5.1 Komunikace mezi MCU a obvody v FPFA

Dekódovaný signál je následně odesílán do řídicího MCU po sběrnici SPI za pomoci komponent řadičů SPI, které jsou dostupné v knihovně vytvořené pro zařízení FITkit. Sběrnice SPI je sériová sběrnice, kde je vždy jedno řídicí zařízení a jedno, popřípadě několik, řízených zařízení. Komunikace mezi zařízeními probíhá po 3 vodičích, kde jeden slouží pro odesílání dat ze zařízení, druhý pro příjem dat a 3. pro synchronizaci komunikace, viz obr. 5.1. V případě platformy Fitkit je řídicím zařízením vždy mikrokontrolér.

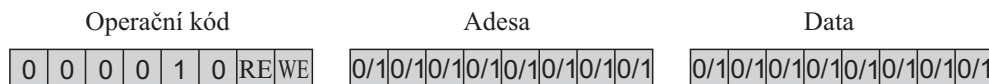


Obrázek 5.1: Architektura sběrnice SPI

Každé zařízení nebo komponenta v FPGA obvodu připojená na SPI sběrnici musí mít přidělenou vlastní unikátní adresu, přes kterou je adresována řídicím obvodem.

Pro přenos dat po sběrnici je u komponent obsažených v knihovně vytvořené pro FITkit zaveden pevný formát paketů, viz 5.2. Nejprve je přenášen řídicí bajt, ve kterém první 4 bity adresují komponentu uvnitř FPGA a poslední 2 bity povolují čtení, zápis nebo oboje. Následující pole obsahuje adresu zařízení se kterým právě probíhá komunikace. Toto pole má typicky délku jeden bajt, ale je možné ji zvolit při konfiguraci komponenty. Poslední část přenášeného rámce jsou data, jejichž délku je také možné nastavit parametrem komponenty.

Protože podřízené zařízení nemá možnost nijak vyžádat přenos dat, je nutné při příchodu nových dat přes IR linku a jejich úspěšném dekódování informovat řídicí obvod dalším signálem, žádostí o přerušení, o nových informacích připravených ke zpracování. Při výskytu žádosti o přerušení je přečten po sběrnici SPI vektor přerušení obsahující informaci, které zařízení přerušení vyvolalo.



Obrázek 5.2: Formát datového rámce přenášeného po sběrnici SPI. Podle [9]

5.1.1 Formát komunikace přes sběrnici SPI

O obsluhu celého IR modulu se stará několik komponent, z nichž 4 jsou napojeny na sběrnici SPI za pomoci vlastního řadiče.

IRDA přenos Data přijatá přes IRDA část modulu jsou přenášena v 9 bajtových blocích. Prvních 8 bajtů obsahuje užitečná data, která budou přenesena po lince. Poslední, 9. bajt obsahuje počet platných bajtů. Toto pole bylo nutné zavést pro případ, že přenášená data nenaplní celý packet, jehož délku není na SPI sběrnici možné za provozu libovolně měnit. Adresa tohoto řadiče byla zvolena 16.

Příkazy dálkového ovladače Příkazy přijaté od dálkového ovladače a vysílaná ve formátu dálkového ovladače jsou z MCU do komponenty v FPGA obvodu přenášeny na adresu 80 v blocích o délce 4 bajty.

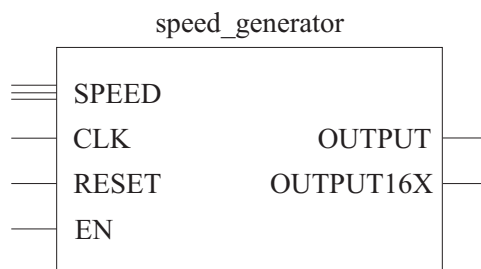
Řízení rychlosti O řízení rychlosti komunikace po datovém modulu, popřípadě výběr typu komunikace řeší komponenta IR_SPEED naslouchající na adrese 48.

5.2 Nově navržené komponenty

Pro potřeby navrhovaného obvodu bylo navrženo několik synchronních komponent řešících kompletní obsluhu modulu.

5.2.1 speed_generator

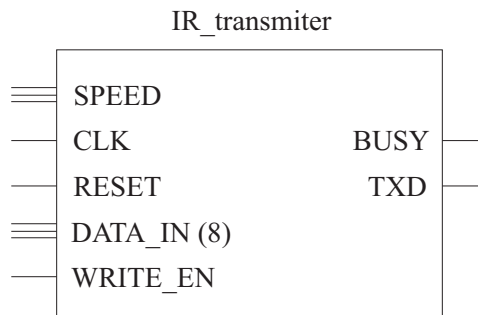
Tato entita, viz obr. 5.3, zajišťuje vytváření pulzu pro řízení posuvu posuvných registrů v komponentách datového přijímače a vysílače ve kterých je obsažena. Podle zvolené komunikační rychlosti vstupem SPEED, která ovlivňuje maximální hodnotu při které je interní čítač vynulován, generuje impulzy na výstupu OUTPUT po uplynutí časového intervalu pro přenos jednoho bitu. Dále na výstupu OUTPUT16X generuje impulzy s 16 krát vyšší frekvencí pro odměření délky aktivního výstupu TXD po dobu 3/16 bitového intervalu. Generování impulzů je možné zastavit přivedením logické 0 na vstup EN.



Obrázek 5.3: Komponenta speed_generator

5.2.2 IR_transmitter

Na nejnižší úrovni přenosu dat se nachází komponenta `IR_transmitter`, viz obr. 5.4. Tato součást obvodu při potvrzení platnosti dat signálem `WRITE_EN` vyzvedne paralelní data o šířce 8 bitů ze vstupu `DATA_IN` a převede je do sériové podoby na výstup `TXD`. Rychlost Vysílání sériových dat je dána vstupem `SPEED`, který je přiveden na zabudovanou entitu `speed_generator` vytvářející řídicí impulzy pro posuvný registr. Protože podle definice standardu IRDA je logická 0 definována jako aktivní hodnota délky pouze 3/16 bitu, je využito ještě 16 krát rychlejšího výstupu `speed_generator`, který řídí časování této délky.



Obrázek 5.4: Komponenta `IR_transmitter`

5.2.3 IR_receiver

Přijímač IR dat, viz obr. 5.5, je řešen obdobně jako vysílač. Data v sériovém formátu přiváděná z IR modulu na pin `RXD` jsou převáděna na paralelní formu předávanou na portu `DATA_OUT` o datové šířce 8 bitů. Platnost dat je oznamována impulsem na vývodu `DATA_VLD`.

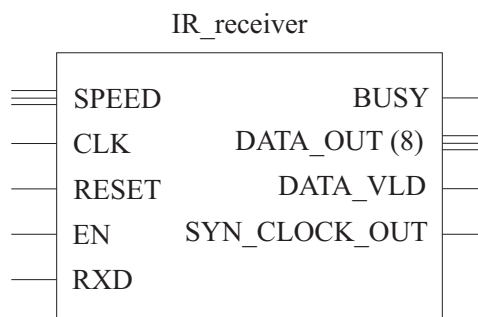
Při zachycení startbitu je spuštěn integrovaný časovač `speed_generator`, který generuje impulzy na začátku každého bitu. Po výskytu tohoto impulzu je z rozmezí 0,5 ms zaznamenán vzorek vstupu `TXD`. Takto jsou sejmuty 3 vzorky a pokud jsou 2 nebo 3 vyhodnoceny jako aktivní hodnota, je právě přijímaný bit 0.

Po příjmu všech 8 bitů jsou data předána komponentě `Control_dekoder_RX`, která je dále zpracuje.

Po celou dobu příjmu komponenta oznamuje vyšším vrstvám aktivitu pomocí signálu `BUSY`.

Aby nedocházelo k příjmu dat vysílaným samotným modulem, je nutné za pomoci vstupu `EN` při vysílání přijímač vypnout.

Signál `SYN_CLOCK_OUT` je vyvedením výstupu `OUTPUT` z entity `speed_generator`. Toto posléze slouží k rozlišení že nenásledují další data.



Obrázek 5.5: Komponenta `IR_receiver`

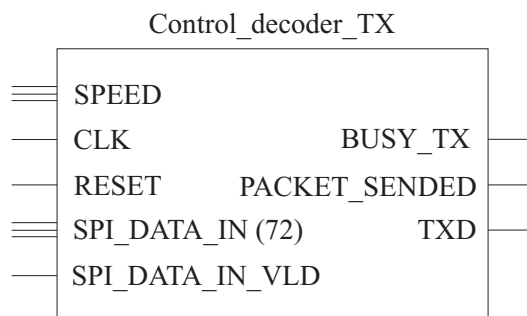
5.2.4 Control_dekoder_TX

Komponenta `Control_dekoder_TX`, viz obr. 5.6, je nadstavbou nad entitou `IR_transmitter`, které postupně předává po jednotlivých bajtech data přijatá z mikrokontroléru. Tyto data

přijímá od řadiče SPI linky v paralelní podobě o datové šířce 9 bajtů. Nejnižší bajt obsahuje počet platných bajtů na sběrnici.

Data jsou v této entitě ukládána do 2 bufferů, mezi nimiž je přepínáno. Řešení se 2 vyrovnávacími paměťmi bylo zvoleno proto, aby nedocházelo k prostojům ve vysílání při žádosti o další data od řadiče a následné odpovědi mikrokontroléru dalšími daty. Takto je tato akce prováděna na pozadí kdy se vyprazdňuje 2. buffer.

V případě vyprázdnění jednoho z bufferů je generován impuls na vývodu PACKET_SENDED. Tento pin je na vyšší vrstvě aplikace napojen na řadič přerušení na bit 3, čímž je mikrokontroléru oznámeno že může poslat do řadiče další data.



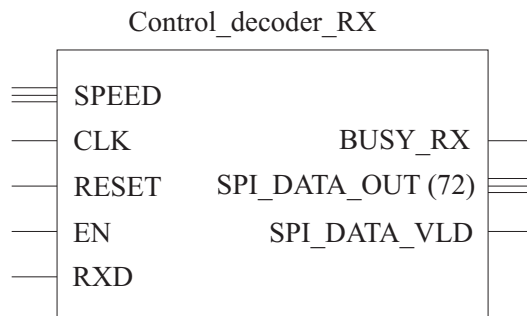
Obrázek 5.6: Komponenta Control_decoder_TX

5.2.5 Control_dekoder_RX

Tato entita, viz obr. 5.7, je opakem entity Control_dekoder_TX. Data přijímá od integrovaného IR přijímače a převádí je do rámce o 8 datových bajtech a 1 obsahujícím délku počet platných bajtů.

V případě naplnění vyrovnávací paměti jsou data předána na skupinu signálů SPI_DATA_OUT, které jsou ve vyšší vrstvě napojeny na stejný řadič linky SPI jako komponenta Control_dekoder_TX. Dále je signálem SPI_DATA_VLD vygenerováno přerušení 2, čímž je mikrokontroléru signalizováno že jsou přijata nová data a je potřeba je z řadiče přečíst.

Pokud je na interní entitě IR_receiver signál BUSY v 0, znamená to, že nepřijímá žádná data a je spuštěno počítadlo čítající 2 bytové intervaly. Pokud během nich nedojde k opětovnému nastavení signálu BUSY, je datový rámec odeslán i když není ještě zcela naplněn, protože pravděpodobně další data nebudou následovat.

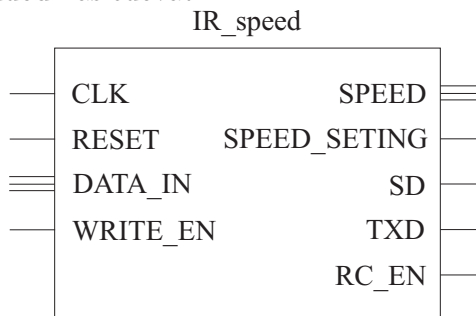


Obrázek 5.7: Komponenta Control_dekoder_RX

5.2.6 IR_speed

Tato součást řadiče IR modulu, viz obr. 5.8, řídí jak rychlost přenosu v datovém módu, tak přepínání mezi tímto a módem dálkového ovladače. Příkazy na jejichž základě toto rozhodování provádí přijímá pomocí řadiče linky SPI přes signály DATA_IN.

V případě módu dálkového ovladače je



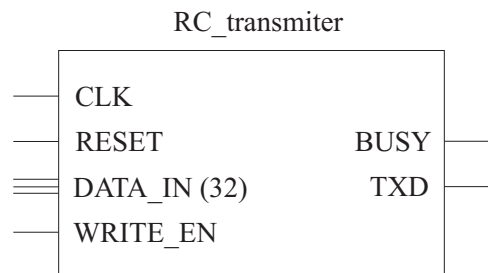
Obrázek 5.8: Komponenta IR_speed

výstupní pin `RC_EN` nastaven na aktivní hodnotu. V opačném případě na hodnotu neaktivní.

Při každé změně rychlosti komunikace je také nastavován obvod TFDU 6103 na rychlost SIR. Toho je docíleno nastavením signálu `SPEED_SETTING` do logické hodnoty, což ve vyšší vrstvě způsobí přepnutí řízení vývodu `TXD` IR modulu pod kontrolu této komponenty. Konfigurace rychlosti probíhá podle pravidel popsanych v kapitole 3.3

5.2.7 RC_transmitter

Entita `RC_transmitter`, viz obr. 5.9, je část obvodu řešící vysílání kódů dálkového ovladače skládající se z uvození a ze 4 bajtů dat přivedených na vstup `DATA_IN`. Aktivní hodnota bitu je modulována na frekvenci 38 kHz se střídou 1/3. Tento signál je vyveden na výstup `TXD`.



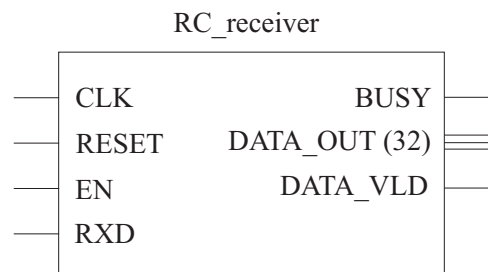
Obrázek 5.9: Komponenta `RC_transmitter`

5.2.8 RC_receiver

Poslední komponentou je přijímač dálkového ovladače, `RC_receiver`, viz obr. 5.10. Přijímač již nemusí řešit demodulaci přijímaného signálu přivedeného na vstup `RXD`, protože ta je řešena na hardwarové úrovni samotným přijímačem TSOP 31238.

O přijetí nových dat je přes entitu `tlv_pc_ifc` signálem `DATA_VLD` napojeným na přerušení číslo 4 informován mikrokontrolér.

Samotné rozpoznávání dat není na rozdíl od přijímače IRDA řešeno vzorkováním v přesně stanovený okamžik, ale je měřena doba mezi sestupnými a náběžnými hranami signálu. Toto měření je prováděno se značnou tolerancí, protože výrobci dálkových ovladačů nedodržují normou dané intervaly příliš přesně. Dále je nutné počítat s tím, že signál od přijímače je aktivní v logické 0.



Obrázek 5.10: Komponenta `RC_receiver`

5.2.9 tlv_pc_ifc

Tato entita umístěná na nejvyšší vrstvě zapouzdřuje všechny zbývající entity a řeší jejich propojení navzájem. Dále připojuje řadič na signály vyvedené ven z pouzdra obvodu FPGA a napojené na modul popřípadě mikrokontrolér.

5.3 Program MCU

Pro demonstraci přenosu dat přes linku IRDA bylo v mikrokontroléru implementováno několik uživatelských příkazů řešících ovládání celého zařízení. Viz příloha E.

Těmito příkazy jsou vyvolávány jednotlivé funkce z knihovny *irmodul.h* navržené pro obsluhu modulu.

5.4 Výběr módu zařízení

IR modul může pracovat ve 2 režimech. 1. z nich je mód datový a 2. mód dálkového ovladače. Přepínání mezi režimy řeší funkce *void set_speed (unsigned char speed)* s jediným parametrem určujícím na jaké rychlosti má probíhat komunikace. V případě volby rychlosti RC, je modul přepnut na příjem kódů dálkového ovladače.

Přepínání probíhá zápisem konstanty rychlosti na adresu *BASE_ADDR_IRDA_SPEED* v řadiči vytvořeném v FPGA obvodu.

5.5 Přenos dat

Data jsou přenášena v paketech o maximální velikosti 8 bajtů, kde poslední bajt určuje typ paketu a další bajty jsou určeny pro samotná užitečná data.

Paketů bylo implementováno 5 druhů:

- **CONNECT** - Požadavek na navázání spojení s jiným FITkitem v dosahu. Datová část obsahuje 1 bajt určující rychlost na které by se mělo komunikovat.
- **CONNECT_REPLY** - Odpověď na požadavek o připojení. Datová část obsahuje potvrzení rychlosti na níž se komunikace přesune.
- **DISCONNECT** - Požadavek o přerušení spojení. Datová část není obsažena.
- **DISCONNECT_REPLY** - Potvrzení požadavku o přerušení spojení. Datová část není opět obsažena.

5.5.1 Navázání spojení

K tomuto účelu byla vytvořena funkce *void make_connect (int speed)*, která vyšle požadavek na spojení s jiným zařízením v dosahu na komunikační rychlosti dané parametrem speed.

K vyslání tohoto požadavku využívá funkci *send_data*.

Pokud Fitkit, s nímž je navazována komunikace neodpoví do 2 milisekund, je oznámen neúspěšný pokus o navázání spojení.

5.5.2 Odeslání dat

Funkce *void send_data (int packet_type, int speed)* slouží k odesílání dat přes IR linku. Prvním parametrem je typ odesílaného paketu a druhý přenosová rychlost v případě, že bude odesílán požadavek na navázání spojení.

Datový paket je vytvořen z příkazu datového paketu a 7 bajtů dat vyzvednutých z ukazatele na pole dat uloženého v globální paměti. Pokud se do paketu nevešla všechna zbývající data, je uložen do paměti i ukazatel odkud se má při příštím zavolání funkce pokračovat ve vysílání.

Tato funkce může být zavolána jak příkazem na odeslání dat z konzole, tak také funkcí *void packet_sended_handle ()* vyvolanou přerušением od řadiče IR modulu, který informuje o vyprázdnění jedné z vyrovnávacích pamětí a žádá nová data.

V případě odesílání žádosti o navázání spojení, je místo dat z globální paměti použito číslo reprezentující rychlost na níž je žádáno navázání spojení.

Takto vytvořený rámec je zabalen do paketu pro sběrnici SPI o délce 9 bajtů. 1 přidávaný bit na konec IRDA rámce určuje délku platných dat v SPI rámci, která budou následně řadičem odvíšována.

5.5.3 Příjem dat

Při vyvolání přerušení IRQ číslo 2 od řadiče infračerveného modulu, je zavolána funkce *IR_data_recieved_handle_interrupt()*, která přečte data z řadiče.

Pokud přijatý rámec je datový, odešle data do konzole. V případě že se jedná o paket CONNECT, nebo DISCONNECT, je vyslána odpověď. V posledním případě, když je přijatý paket CONNECT_REPLY, nebo DISCONNECT_REPLY, nastaví, nebo zruší příznak navázaného spojení.

5.5.4 Ukončení spojení

Funkce *void make_disconnect ()* je zavolána, pokud uživatel požaduje ukončení spojení. Tato funkce odešle paket ukončení spojení.

5.6 Práce s kódem dálkového ovladače

Ukázková aplikace je schopná naučit se 10 příkazů dálkového ovladače. Protože se tyto příkazy ukládají do paměti RAM, dojde při resetu mikrokontroléru k vymazání naučených tlačítek.

5.6.1 Příjem příkazu

V případě vyvolání přerušení IRQ 4 od řadiče dálkového ovládání je vyvolána funkce *void remote_control_handle_interrupt()*. Tato funkce zkontroluje zda přijatý kód se nachází v některé z pamětí. Pokud ano, vypíše číslo paměti, v níž je příkaz uložen. V opačném případě je vypsán celý kód v šestnáctkové soustavě do konzole.

Dále je nastaven příznak přijetí příkazu, který zajistí že pokud bude v následujících 120 ms přijat další kód, bude ignorován. Toto je zavedeno kvůli rozšíření normy NEC-R, kdy je rámec odeslán z ovladače dvakrát.

5.6.2 Naučení příkazu

Vyvoláním funkce *void learn_remote_control (char *p_memory_number)* dojde k uložení 1. zachyceného kódu do paměti. Ukládají se celé 4 bajty příkazu. Další, 5. bajt, je určen pro označení, že je konkrétní paměť zaplněna. Pro tento účel je v tomto bajtu rezervován nejvyšší bit. Nejnižší byt slouží pro zapamatování případného výskytu dalšího přijatého kódu v následujících 120 ms, což značí rozšířený formát NEC-R. V takovémto případě je při vysílání nutné datový rámec také vyslat dvakrát.

5.6.3 Vyslání příkazu

Funkce `void send_remote_control (int memory_number)` odešle kód uložený v paměti určené parametrem. Pokud u tohoto příkazu je nastaven příznak opakování, po přibližně 110 ms rámeček odešle znovu.

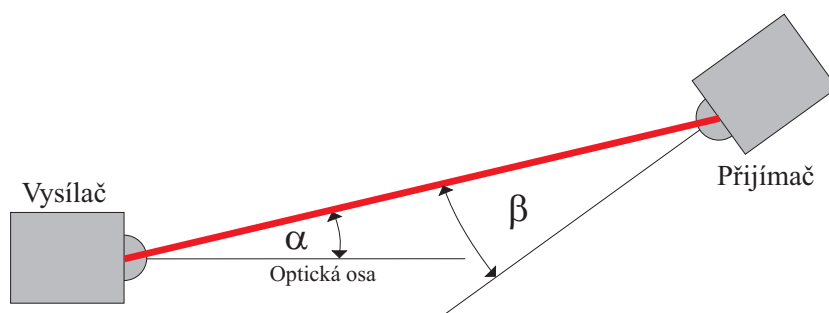
Kapitola 6

Testování

Na závěr bylo provedeno několik testů ověřujících vlastnosti a spolehlivost přenosu dat na různé vzdálenosti.

6.1 Přenos dat

Test přenosu dat probíhal při různých vzdálenostech a úhel optických os vysílače a přijímače, viz obr. 6.1, byl zvyšován dokud nezačalo docházet k výpadkům v přenosu dat. Při měření úhlu α byl úhel β nulový a naopak.



Obrázek 6.1: Maximální dosažené úhly při přenosu

Při všech rychlostech, které jsou zařízením podporována byli naměřené maximální úhly přenosu schodné.

Z naměřených dat vyplývá, že zvolené transceivery TFDU6103 jsou schopné dostat minimálním požadavkům na vzdálenost přenosu a úhly při nichž je možné data přenášet s výraznou rezervou.

Při měření se mohli na dosažených výsledcích podílet odrazy od okolních předmětů a stěn místnosti.

Vzdálenost [m]	0,5	1	2	3	5
Úhel α [°]	neomezený	40	30	25	5
Úhel β [°]	neomezený	50	35	35	25

Tabulka 6.1: Maximální úhly datového přenosu

6.2 Přenos kódu dálkového ovladače

Schopnost přijímat data dálkového ovladače byla testována jak za pomoci 2. modulu, tak za pomoci dálkového ovladače od zvukové karty Creative. S tímto dálkovým ovladačem byla data na vzdálenost 5 metrů bez problému z jakéhokoli úhlu. Při vysílání z navrženého modulu připojenému k 2. FITkitu byl příjem možný maximálně do úhlu 45° .

Pro jednoduché základní porovnání světelného toku bylo použito fotoaparátu, který je schopen zachytit okem neviditelné infračervené záření. Záření vysílané originálním ovladačem vykazuje výrazně vyšší jas než záření vydávané modulem. To pravděpodobně mělo vliv na zhoršené vlastnosti příjmu s tímto modulem. V případě potřeby vysílat data na větší vzdálenost by bylo vhodné zvolit rezistor R4 s menší hodnotou, nebo zvolit jinou vysílací diodu.

Kapitola 7

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit rozšiřující modul pro platformu FITkit, který bude umožňovat bezdrátový přenos dat mezi 2 těmito platformami na principu infračerveného záření. Dále tento modul umožňuje naučit se kódy tlačítek dálkového ovladače vysílajícího ve formátu NEC a také je opět vysílat.

Těchto cílů bylo dosaženo implementováním několika komponent nahraných do konfigurovatelného hradlového pole, kde plní úlohy nejnižší vrstvy komunikace. Vyšší vrstvy jako navázání spojení a řízení přenosu dat má na starosti mikrokontrolér.

Do budoucna by bylo vhodné implementovat i další protokoly používané dálkovými ovladači jako je například RC5, SONY a další.

Pro přenos dat byla implementován pouze modul umožňující přenos dat rychlostí SIR (maximálně 115200 kb/s). Modul TFDU 6103 umožňuje ovšem vysílání rychlostí až 4Mb, což by mohlo být námětem pro budoucí rozšíření uplatnění modulu. Problém tohoto rozšíření ovšem je, že sběrnice SPI ani sériová linka do počítače neumožňuje přenosy takto vysokou rychlostí. Dale by bylo nutné využít FPGA obvod s vyšší kapacitou, protože současně řešení zaplní integrovaný obvod použitý ve FITkitu téměř na 100%.

Dále by mohli být implementovány vyšší vrstvy komunikace jako je zajištění bezchybnosti komunikace přes IR linku, které není v současnosti nijak řešeno.

Seznam použitých zkratek

A/D	analog-digital
B	byt
b	bit
D/A	digital-analog
DPS	deska plošných spojů
F	farad
FIR	Fast Infrared
FPGA	field-programmable gate array
HDLC	High-Level Data Link Control
Hz	Hertz
HW	hardware
IR	infra red
IRDA	Infrared Data Association
LAN	Local Area Network
LED	light-emitting diode
LCD	Liquid crystal display
MCU	micro control unit
mW	mili watt
PDA	personal digital assistant
RAM	Random-access memory
SIR	Serial Infrared
SPI	Serial Peripheral Interface
sr	steradian
V	volt
VFIR	Very Fast Infrared
VGA	Video Graphics Array
VHDL	Verilog hardware description language

Literatura

- [1] Autor neznámí: μ PD6133 REMOTE CONTROL TRANSMISSION SAMPLE PROGRAMS. Japan : NEC Corporation,
<<http://www.necel.com/nedis/image/U11726EJ1V1AN00.pdf>>, 1997.
- [2] Autor neznámí: IR Receiver Modules for Remote Control Systems. Vishay Semiconductors,
<http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/520/520-055/dsh.520-055.1.pdf>, 2005-01-31.
- [3] Autor neznámí: Fast Infrared Transceiver Module (FIR, 4 Mbit/s) for 2.4 V to 5.5 V Operation. Vishay Semiconductors,
<<http://www.vishay.com/docs/81211/tfdu6103.pdf>>, 2009-02-19.
- [4] Autor neznámí: SAMPLE INFRARED CODE FORMATS. San Rafael : Celadon, Inc.,
<http://www.celadon.com/infrared_protocol/infrared_protocols_samples.pdf>, [cit. 2010-5-13].
- [5] Megowan, P.; Suvak, D.; Kogan, D.: IrDA Object Exchange Protocol IrOBEX. Infrared Data Association,
<<http://netwinder.osuosl.org/pub/netwinder/docs/nw/irda/IrOBEX12.pdf>>, 1999-03-18.
- [6] Millar, I.; Beale, M.; Donoghue, B. J.; aj.: The IrDA Standards for High-Speed Infrared Communications. Hewlett-Packard Company,
<http://www.irda.org/associations/2494/files/Publications/high_speed.pdf>, 2009-02.
- [7] Tajnai, J.; Kolektiv autorů: Serial Infrared Physical Layer Link Specification. Infrared Data Association, <http://web.media.mit.edu/~yby/irx/irda/IrPHY_1_2.PDF>, 1997-11-10.
- [8] Williams, S.; Millar, I.: The IrDA Platform. Bristol : HP Laboratories,
<<http://www.hpl.hp.com/techreports/95/HPL-95-29.pdf>>.
- [9] WWW stránky: [ONLINE]. <<http://merlin.fit.vutbr.cz>>, [cit. 2010-05-12].

Dodatek A

Obsah CD

Zdrojové soubory pro MCU

Zdrojové soubory pro FPGA

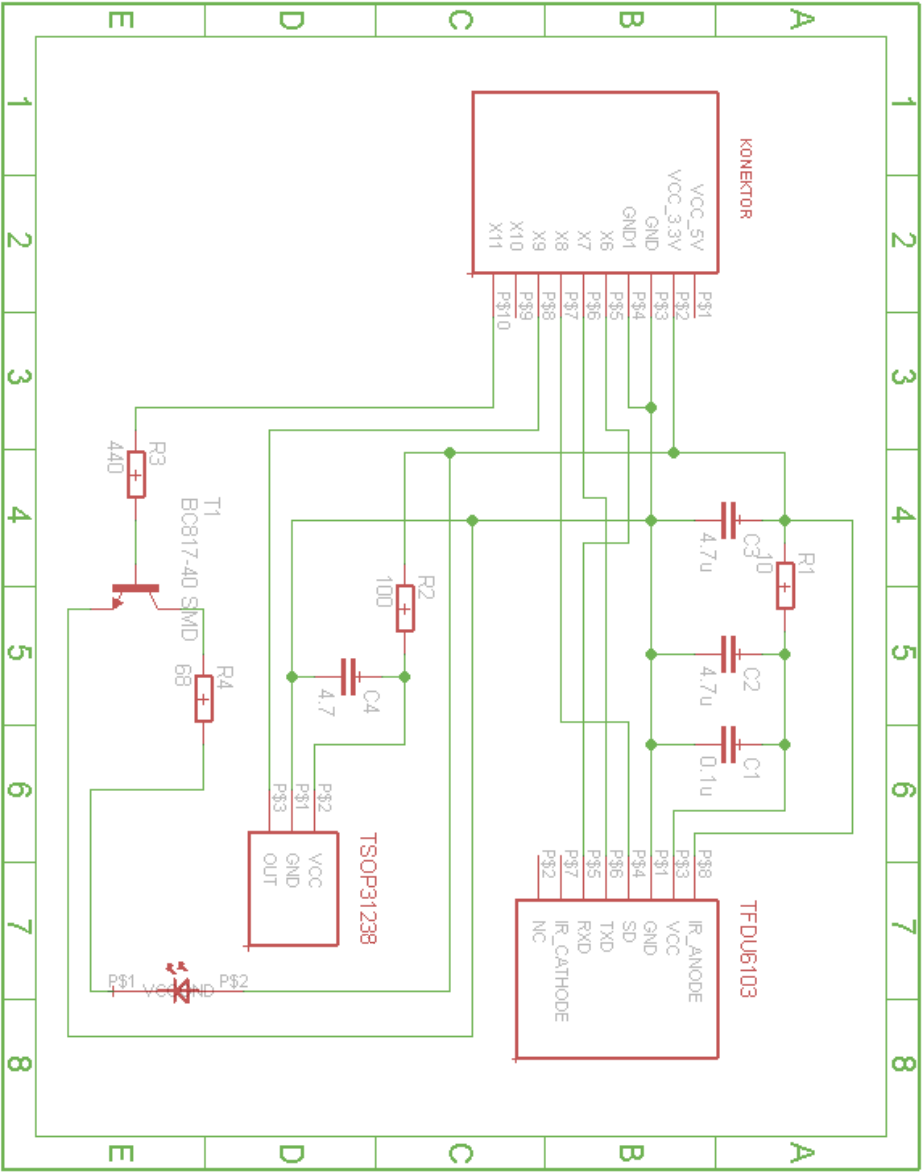
Zdrojové soubory Bakalářské práce ve formátu LATEX

Data pro výrobu plošného spoje ve formátu EAGLE

Použité datasheety

Dodatek B

Schéma zapojení



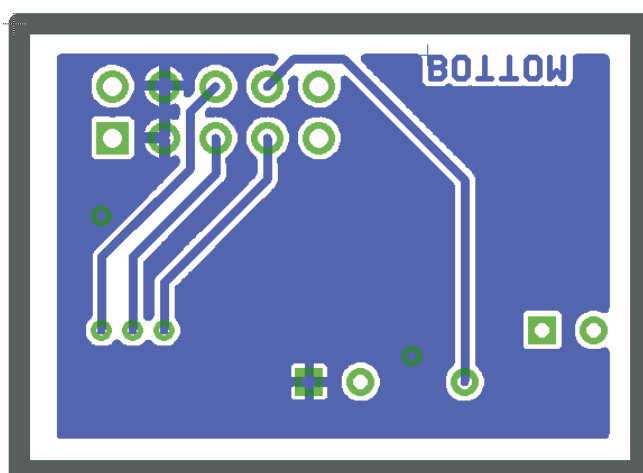
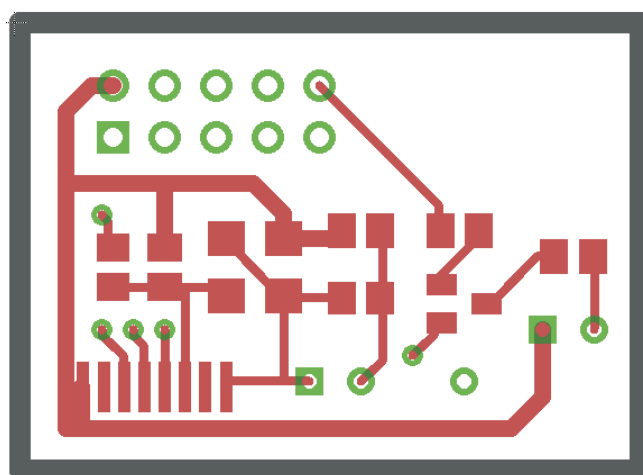
Dodatek C

Seznam použitých součástek

Součástka	Značka	hodnota	pouzdro
IR transciever	TFDU 6103		TFDU6103
IR reciever	TSOP 31238	38 kHz	TSOP
konektor lámací, 2 řadý	konektor	10 pinu	
rezistor	R1	10	SMD 0805
rezistor	R2	100	SMD 0805
rezistor	R3	440	SMD 0805
rezistor	R4	68	SMD 0805
kondenzátor	C1	0,1 μ	SMD 0805
kondenzátor, tantalový	C2	4,7 μ	A
kondenzátor, tantalový	C3	4,7 μ	A
kondenzátor	C4	4,7 μ	SMD 0805
tranzistor	T1	TB817-40	SMD
IR LED	LED1	L-53F3BT	5mm

Dodatek D

Návrh plošného spoje



Dodatek E

Návod ovládání

Celé zařízení je ovládáno pomocí příkazů ve standardní konzoli FITkitu.

podporované příkazy:

HELP	Vypíše uživatelskou nápovědu
MODE DATA	přepne modul do módu přenosu dat mezi FITkity
MODE RC	přepne modul do módu práce se signály dálkového ovladače

V módu **DATA** jsou podporovány tyto funkce:

CONNECT X	naváže spojení s jiným zařízením na rychlosti X. Podporované jsou tyto rychlosti rychlosti: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 b/s;
DISCONNECT	uzavře již navázané spojení
SEND XXX	odešle data XXX do připojeného zařízení. Maximální délka dat je knihovnou FITkitu omezena na 19 znaků

Přijatá data jsou průběžně vypisována do konzole.

V módu **RC** jsou podporovány tyto funkce:

RCLEARN X	Zapne mód učení, kdy 1. přijatý kód dálkového ovladače bude uložen do paměti X. Dostupné paměti: 0 – 9
RCSEND X	Vyšle příkaz dříve uložený do paměti X. Dostupné paměti: 0 – 9.

Pokud je přijat kód dálkového ovladače který není uložen v žádné paměti, Je vypsán v šestnáctkové soustavě do konzole.

Dodatek F

Fotodokumentace IR modulu

